



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 44 897 C 2

⑤① Int. Cl. 7:  
H 01 S 3/086

⑦① Aktenzeichen: 195 44 897.9-33  
⑦② Anmeldetag: 1. 12. 1995  
⑦③ Offenlegungstag: 5. 6. 1997  
⑦④ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 10. 2000

DE 195 44 897 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦⑤ Patentinhaber:  
Laser Zentrum Hannover eV, 30419 Hannover, DE

⑦⑥ Vertreter:  
Leine und Kollegen, 30163 Hannover

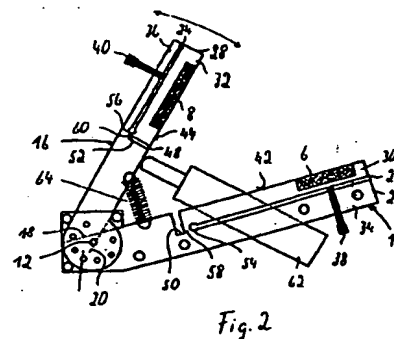
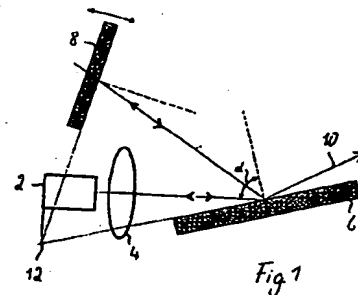
⑦⑦ Erfinder:  
Wandt, Dieter, Dr., 30451 Hannover, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 33 43 482 C2  
US 53 19 668  
= WO 94 08 371

⑤④ Modensprungfrei abstimmbares Halbleiter-Lasersystem

⑤⑦ Modensprungfrei abstimmbares Halbleiter-Lasersystem mit einem Diodenlaser, dessen Licht über eine Kollimatorlinse unter einem großen Einfallswinkel auf ein erstes Beugungsgitter gelenkt wird, und mit einer drehbaren Reflexionseinrichtung zum Abstimmen der Wellenlänge, wobei vom Beugungsgitter gebeugte Lichtwellen von der Reflexionseinrichtung auf das Beugungsgitter zurückreflektiert werden und vom Beugungsgitter erneut gebeugt und der Laserdiode zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionseinrichtung (8) durch ein zweites Beugungsgitter in Littrow-Anordnung gebildet wird und die beiden Gitter (6, 8) so angeordnet sind, daß sich die Verlängerungen (18, 20) der Gitterebenen beider Gitter in der Drehachse (12) des zweiten Beugungsgitters (8) schneiden.



DE 195 44 897 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein modensprungfrei abstimmbares Halbleiter-Lasersystem gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Durch die WO 94/08 371 A1 (entsprechend: US 5319668) ist ein abstimmbarer Diodenlaser mit externem Resonator bekannt, bei dem ein Beugungsgitter mit streifendem Einfall des Laserlichtes und ein drehbar angeordneter Spiegel zum Abstimmen der Wellenlängen verwendet werden. Der Einfallswinkel beträgt mindestens 85°. Der Spiegel reflektiert das am Gitter gebeugte Licht erster Ordnung zum Gitter zurück, von dem das Licht zum Laser zurückgebeugt wird. Durch die große Ausleuchtung des Gitters wird eine große Dispersionswirkung erreicht, die in der Größenordnung des Resonatormodenabstandes liegt. Dadurch ist eine effektive Unterdrückung von Nebenmoden möglich und stabiler Einfrequenzbetrieb gewährleistet. Die Verwendung eines Spiegels zum Abstimmen der Wellenlänge hat allerdings den Nachteil, daß eine geringe Gesamtdispersion erreicht wird. Nachteilig ist auch, daß durch den großen Einfallswinkel die Gittereffizienz drastisch reduziert wird, was zu einer starken Erhöhung des Schwellenstromes führt. Hierdurch wird der Gesamtstimmbereich des bekannten Diodenlasers eingeschränkt. Die relative Winkelstellung der das Gitter und den Spiegel aufnehmenden Bauteile bedarf einer exakten Vorfertigung. Die stets vorhandenen Fertigungstoleranzen bedingen weniger gut reproduzierbare Ergebnisse.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen modensprungfrei abstimmbaren Halbleiterlaser der eingangs genannten Art so auszubilden, daß die Gesamtdispersion und der Abstimmbereich vergrößert werden und eine bessere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erzielt wird.

Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Aufgabenlösung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung schlägt vor, zum Abstimmen der Wellenlängen ein zweites Gitter einzusetzen; hierdurch wird die Gesamtdispersion der Anordnung vergrößert. Bei festgelegter Bandbreite kann dann der Einfallswinkel des ersten Gitters verkleinert und damit der Gesamtstimmbereich ohne Modensprünge vergrößert werden. Bei Strom- oder Temperaturschwankungen ergibt sich eine geringere Wellenlängenabhängigkeit. Die erfindungsgemäße Ausbildung läßt relativ hohe Fertigungstoleranzen zu, weil der Schnittpunkt der Gitterebenen justiert werden kann.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung, in der ein Ausführungsbeispiel dargestellt ist, näher erläutert werden.

Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten Halbleiter-Lasersystems,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Abstimmrichtung für das Halbleiter-Lasersystem nach Fig. 1 und

Fig. 3 eine grafische Darstellung der Abhängigkeit der Ausgangsleistung des Halbleiter-Lasersystems nach den Fig. 1 und 2 von der Wellenlänge.

Gleiche Bauteile in den Figuren der Zeichnungen sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Die Fig. 1 zeigt ein Halbleiter-Lasersystem mit einer Antireflex-beschichteten Laserdiode 2, deren Licht über eine Kollimatorlinse 4 auf ein erstes Beugungsgitter 6 unter einem Einfallswinkel  $\alpha$  von beispielsweise etwa 80°C fällt. Das vom ersten Gitter 6 gebeugte Licht erster Ordnung fällt auf ein zweites Beugungsgitter 8, das in Littrow-Anordnung

angeordnet ist und die erste Beugungsordnung in sich selbst zurückreflektiert zum ersten Gitter. Dieses zurückreflektierte Licht wird vom ersten Gitter erneut gebeugt und der Laserdiode 2 zugeführt.

Mit dem Bezugszeichen 10 ist der Ausgangsstrahl des Halbleiter-Lasersystems bezeichnet.

Das erste Gitter 6 ist auf einem Arm 14 und das zweite Gitter 8 auf einem um eine Drehachse 12 drehbar mit dem Arm 14 verbundenen Schwenkarm 16 angeordnet. Beide Gitter 6 und 8 sind so justierbar, daß sich die Verlängerungen 18, 20 ihrer Gitterebenen in der Drehachse 12 schneiden.

Die beiden Arme 14 und 16 weisen quer zur Schwenkebene (in der Zeichnung die Papierebene) Längsschlitze 22 und 24 auf, die offen in den freien Enden 26, 28 enden und bis über die Gitter 6, 8 hinaus in Richtung auf die Drehachse ausgebildet sind. Hierdurch werden jeweils zwei spreizbare Armteile mit jeweils einem inneren Armteil 30 und 32 und einem äußeren Armteil 34 und 36 gebildet, wobei die Gitter 6 und 8 auf jeweils dem inneren Armteil 30 und 32 der Arme 14 und 16 angeordnet sind. Aus Spreizen der Armteile und damit ein Verschwenken der Gitterebenen erfolgt jeweils vermittels einer Justierschraube 38 und 40, welche drehbar im äußeren Armteil 34 und 36 angeordnet sind und über die Schlitze 22, 24 das jeweils innere Armteil 30 und 32 beaufschlagen. Zur Erzielung definierter, elastisch verformbarer Festkörpergelenke 58, 60 für die inneren Armteile 30, 32 weisen die Arme 14, 16 auf der Innenseite 42, 44 senkrecht zu den Längsnuten 22 und 24 verlaufende Querschlitze 46, 48 auf, deren Schlitzböden 50, 52 mit geringem Abstand zu den Schlitzböden 54, 56 der Längsschlitze 22 und 24 enden. Die Festkörpergelenke können auch dadurch gebildet werden, daß die Längsschlitze 22 und 24 winklig oder bogenförmig bis nahe zur Innenseite 42 und 44 der Arme 14 und 16 ausgebildet werden.

Im Halbleiter-Lasersystem sind die Bauteile bestehend aus dem Arm 14 mit dem ersten Beugungsgitter 6, dem Kollimator 4 und der Laserdiode 2 relativ zueinander ortsfest angeordnet. Zum Abstimmen der Wellenlängen ist der Schwenkarm 16, auf dem das zweite Gitter 8 angeordnet ist, um die Drehachse 12 schwenkbar mittels eines Stellmotors 62, der gegen die Kraft einer den Schwenkarm 16 gegen den Arm 14 vorspannenden Feder 64 wirkt.

Die Justierung der Ebenen des ersten Gitters 6 und des zweiten Gitters 8 erfolgt derart, daß die in der Fig. 2 der Zeichnung nicht durch die Drehachse 12 gehenden Verlängerungen 18, 20 der Gitterebenen des ersten Gitters und des zweiten Gitters sich in der Drehachse 12 schneiden. Die Justierung erfolgt mit Hilfe der Justierschrauben 38 und 40. Durch Verdrehen dieser Justierschrauben können die inneren, Festkörpergelenkarne bildenden Armteile 30 und 32 der beiden Arme 14 und 16 so um die Festkörpergelenke 58 und 60 verschwenkt werden, daß die Verlängerungen 18 und 20 der Ebenen der Gitter durch die Drehachse 12 gehen. Diese Art der Justiermöglichkeit läßt eine relativ hohe Fertigungstoleranz der Gesamtanordnung zu und ermöglicht nach der Einjustierung eine präzise Verschwenkung der Ebene des zweiten Gitters um eine definierte Schwenkachse (im dargestellten Beispiel um die Schwenkachse 12) zur Abstimmung über relativ große Wellenlängenbereiche ohne Modensprünge, wie dies der Fig. 3 entnehmbar ist. Die Justierung erfolgt vorzugsweise über die Beobachtung der Kurve nach Fig. 3. In der Fig. 3 ist die Ausgangsleistung des Diodenlasers in Abhängigkeit von der Wellenlänge dargestellt. Die Fig. 3 stellt die Abstimmkurve eines Halbleiter-Lasersystems der beschriebenen Art dar, das im Wellenlängenbereich zwischen 805 und 841 nm ohne Modensprünge abstimmbar ist, d. h. über einen Wellenlängenbereich von

fast 40 nm, während dieser Wellenlängenbereich beim eingangs beschriebenen Stand der Technik nur 15–20 nm beträgt. Die Ausgangsleistung beträgt im Maximum der Abstimmkurve bei 825 nm 6,5 mW.

Die anhand der Zeichnung beschriebene Doppelgitter-Anordnung ist universell für alle Laserdioden geeignet, unabhängig vom aktiven Material, von der Wellenlänge und der Ausgangsleistung. Darüber hinaus ist es möglich, sehr einfach optische Elemente im Resonator zu verwenden, um eine effiziente Frequenzkonversion oder Frequenzmodulation zu erreichen.

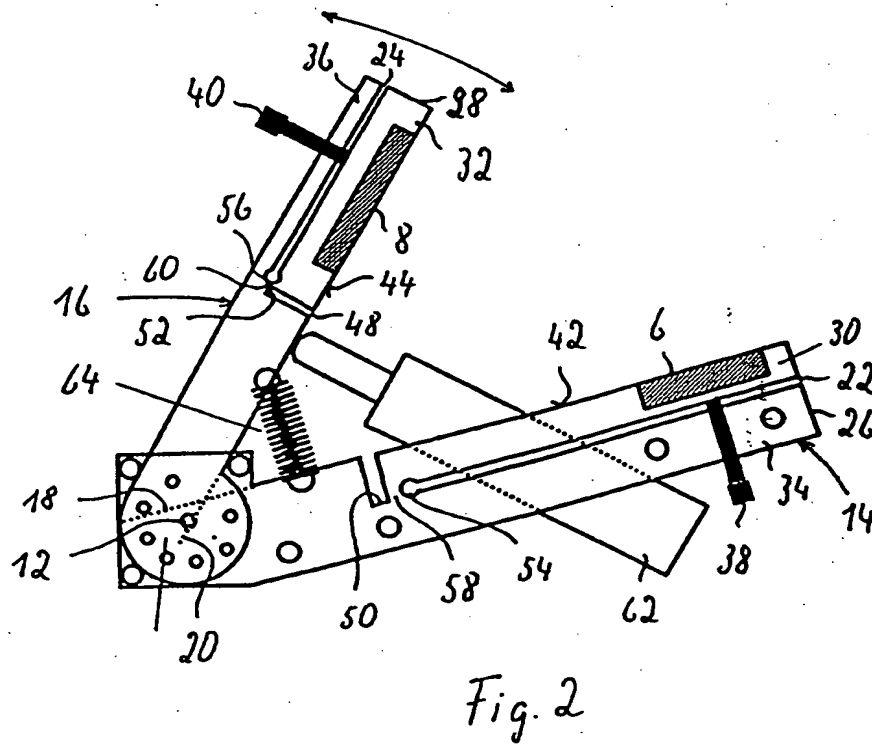
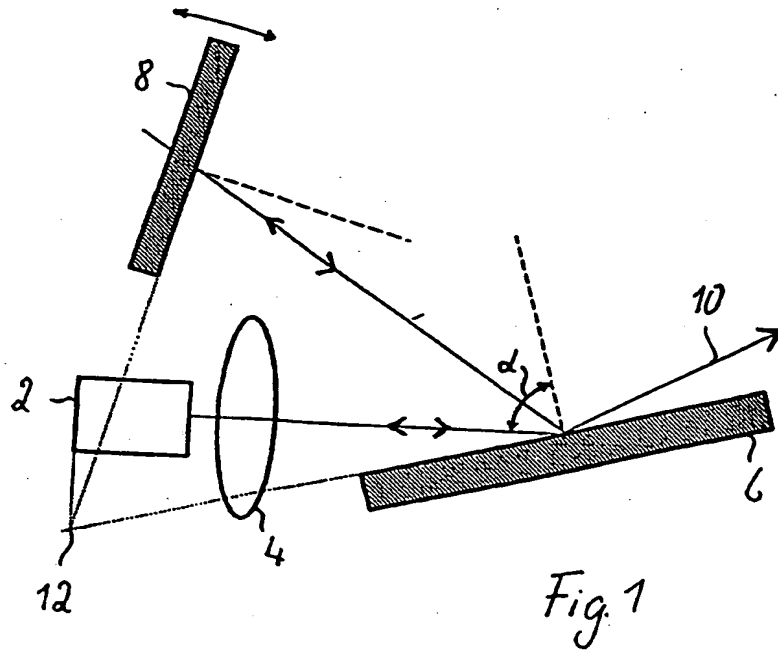
#### Patentansprüche

1. Modensprungfrei abstimmbares Halbleiter-Lasersystem mit einem Diodenlaser, dessen Licht über eine Kollimatorlinse unter einem großen Einfallswinkel auf ein erstes Beugungsgitter gelenkt wird, und mit einer drehbaren Reflexionseinrichtung zum Abstimmen der Wellenlänge, wobei vom Beugungsgitter gebeugte Lichtwellen von der Reflexionseinrichtung auf das Beugungsgitter zurückreflektiert werden und vom Beugungsgitter erneut gebeugt und der Laserdiode zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionseinrichtung (8) durch ein zweites Beugungsgitter in Littrow-Anordnung gebildet wird und die beiden Gitter (6, 8) so angeordnet sind, daß sich die Verlängerungen (18, 20) der Gitterebenen beider Gitter in der Drehachse (12) des zweiten Beugungsgitters (8) schneiden.
2. Abstimmbares Halbleiter-Lasersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Beugungsgitter (6) und das zweite Beugungsgitter (8) jeweils auf einem justierbaren Festkörpergelenkarm (30, 32) zum Justieren der Gitterebenen angeordnet sind.
3. Abstimmbares Halbleiter-Lasersystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und zweite Beugungsgitter (6, 8) auf einen spitzen Winkel einschließenden Armen (14, 16) winkelraumseitig angeordnet sind, von denen der das erste Gitter (6) aufweisende Arm (14) relativ zum Diodenlaser (2) und zur Kollimatorlinse (4) ortsfest angeordnet ist und der Arm (16) als drehbar mit dem Arm (14) verbundener Schwenkarm ausgebildet ist, wobei die Arme (14, 16) jeweils durch in Richtung der Drehachse (12) bis über die Gitter (6, 8) hinaus und quer zur Drehebene des zweiten Beugungsgitters (8) ausgebildete Längsschlitze (22, 24) in zwei Armteile (30, 34; 32, 36) geteilt sind, von denen die inneren, den spitzen Winkel begrenzenden Armteile (30, 32) als justierbare Festkörpergelenkarme ausgebildet sind.
4. Abstimmbares Halbleiter-Lasersystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Festkörpergelenkarme (30, 32) durch in den äußeren Armteilen (34, 36) drehbar angeordnete Justierschrauben (38, 40) beaufschlagbar und von diesen äußeren Armteilen (34, 36) einwärts wegspreizbar sind.
5. Abstimmbares Halbleiter-Lasersystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwenkarm (16) in Richtung des Armes (14) federvorgespannt (64) ist und in entgegengesetzter Richtung von einem Stellmotor (68) beaufschlagbar ist.
6. Abstimmbares Halbleiter-Lasersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfallswinkel  $\alpha$  des Lichtes des Diodenlasers auf das erste

Beugungsgitter (6) etwa 80° beträgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



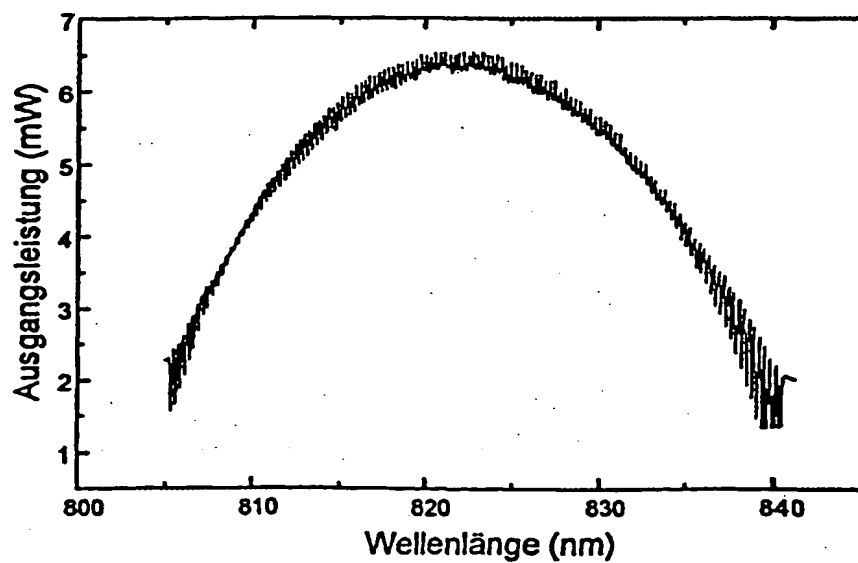


Fig. 3